

豆類の収穫、乾燥、調製に関する機械化

鈴木 剛

はじめに

従来の豆類収穫は、ビーンハーベスターやビーンカッタで刈り取りした後、「にお積み」を行い、圃場で子実の乾燥が進んでから脱穀を行うのが一般的な体系であった。しかし、この体系では作業工程数が多く、労働力が必要であったことから、現在では「にお積み」を省略したピックアップスレッシャ（写真1）による収穫体系が定着し、さらに刈り取り工程を省略できるコンバインによるダイレクト収穫体系の導入が拡大している。ピックアップスレッシャやコンバインを利用する機械収穫体系では大幅な省力化が可能となるが、収穫損失や脱穀時の損傷や汚粒による品質低下などクリアしなければならない問題も多い。従来の汎用コンバイン（写真2）と比較して、大豆用に開発された豆用コンバイン（写真3）は収穫損失や損傷粒が少なく、小豆や金時豆への汎用利用が期待されている。

本報では、これまで道総研農業研究本部

（旧道立農試）が各豆類の機械収穫体系の導入時に検討してきた成果から、小豆、金時豆の豆用コンバイン利用法と留意点につ



写真1 ピックアップスレッシャ



写真2 汎用コンバイン (4条)

すずき たけし 北海道立総合研究機構 農業
研究本部 中央農業試験場
生産研究部 生産システムグ
ループ 主査 (機械)



写真3 豆用コンバイン（2条）

いて述べるとともに、機械収穫後の乾燥・調製に関する成果を報告する。

小豆

（1）豆用コンバイン収穫

小豆の機械収穫におけるピックアップスレッシャの利用は全体の44%、コンバインは約36%である（H22：北海道農政部）。収穫時には脱穀・選別部のコンケーブ、グレンシーブや搬送系のカバー類などの交換

が必要である（小豆収穫が標準仕様の機種もある）。各メーカーから小豆用オプションキットが用意されている。

小豆の豆用コンバイン利用方法を表1に示す。収穫適期の目安は「熟莢率」で判断する。機械収穫適期は100%（完熟期）以後で子実水分が16～18%の範囲の時期である。この条件では収穫損失を5%以下にすることが可能である。通常は完熟期後1～2週間程度であるが、特に成熟期以降が高温・乾燥条件で経過する年では、収穫遅延により煮えやすさの指標である煮熟増加比が低下することや過乾燥の条件では破碎による損傷粒が発生することが指摘されているので、加工適性を損なわないためにも収穫適期に達したら速やかに収穫する必要がある。

小豆は裂莢し易く、莢先が地際にある場合が多い作物である。コンバイン収穫における収穫損失の多くが刈り取り部で発生

表1 豆用コンバインの利用方法（小豆）

項目		望ましい条件およびその対策
作物条件	収穫適期の目安	熟莢率100%で、子実水分16～18%程度（完熟期から2週間以内）
	培土高さ	10cm以上
	その他	倒伏に留意して密植栽培とし、熟期の促進に努める。
作業条件	仕様	小豆仕様（機種によっては標準仕様）
	刈り高さ	最下莢先と同じ～2cm低く設定する。
	作業速度	0.8～1.0m/s程度。倒伏程度多以上の場合、作業速度を低くする。
	作業能率	0.30～0.35ha/h
収穫早限	適応場面	生育遅延により完熟期に達しない場合や成熟期以降に降霜害の危険性が高い場合などに限る。
	収穫早限の目安	熟莢率80～90%、子実水分25%程度
	作業速度	0.6～0.8m/s。葉落ち、茎葉重、倒伏に応じて作業速度を低くする。
	その他	静置式平形乾燥機による常温通風乾燥などにより、水分調整する。整粒割合2～3%減。

（H14、16 中央農試）

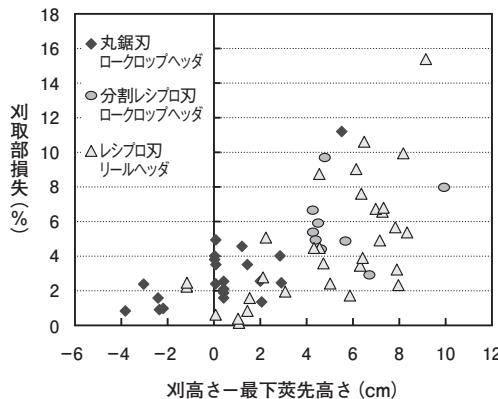


図1 コンバインの刈り取り部損失割合
(H14. 中央農試)

し、刈り高さが高いほど損失が増加する(図1)。丸鋸刃のロークロップヘッダは、畦頂よりも低い位置で刈り取ることができるので、刈り高さを最も下位の莢先と同じ高さ、または低い位置に設定して収穫する。また、生育期の中耕除草時に高さ10cm程度の培土を行うことで、ディバイダで莢を少し持ち上げて茎を切断するよう収穫ができる。

(2) 機械収穫の早限

夏期の冷涼な気象により生育遅延とな

り、成熟のばらつきが大きい場合や完熟期に達しない場合、また成熟期以降に降霜害の危険性が高い場合や完熟期が他の作物の収穫適期と重複するなど適期収穫が行えない場合に限り、熟莢率80~90%の時期(子実水分25%程度)まで収穫を早めることが可能である(図2)。この場合、収穫損失は5%以内である。早刈りでは未熟打撲粒が発生するが、熟莢率80%以上であれば調製歩留まりの低下は少なく、加工上も問題とはならない(図3)。収穫後には静置式平形乾燥機を用いた常温通風乾燥による速やかな乾燥が必要である。

(3) 調製工程における吸水性向上技術

小豆は吸水が種瘤部からのみ行われるため、他の豆類と比較して吸水速度が遅い。また長時間の浸漬でも吸水しない石豆と呼ばれる硬実がみられることから、加工適性向上のためには吸水性の改善が重要である。調製工程で利用される縦軸式研磨機のロータに耐水研磨紙(ヤスリ)を貼って研

場面	収穫技術	乾燥技術	留意点
①完熟期に達する ②完熟期に作業競合がない ③圃場内の成熟ムラが2週間以内 ①②③の全てに該当	完熟期刈り (熟莢率100%)	基本的に必要なし。水分が18%以上の場合は常温通風	小豆の機械収穫体系に準ずる
①完熟期に作業競合がある ②生育遅延により完熟期に達しない ③成熟期以降霜害の危険性が高い ④圃場内の成熟ムラが2週間以上 ①②③④のいずれかに該当	成熟期刈り (熟莢率80%以上)	乾燥必要。常温通風 搅拌の必要なし	整粒割合2~3%減 作業速度0.8m/s以下(2条コンバイン)、0.5m/s以下(4条コンバイン、ピックアップレッシャ)
①生育遅延、霜害により成熟期に達しない ②二才積みする手段(機械・人)がある ①②の両方に該当	ニ才積み	基本的に必要なし。水分が18%以上の場合は常温通風	島立てを行い、風通しの良い二才台に小さく積むなど 茎葉の乾燥促進に努める
①生育遅延、霜害により成熟期に達しない ②ニ才積みする手段(機械・人)がない ①②の両方に該当	極早刈り (熟莢率80%未満)	乾燥必要。常温通風 夾雑物は除去しない or 堆積高さ20cm以内 or 搅拌	収穫損失増、整粒割合減 が著しい

図2 小豆の機械収穫、乾燥体系 (H16. 中央農試)

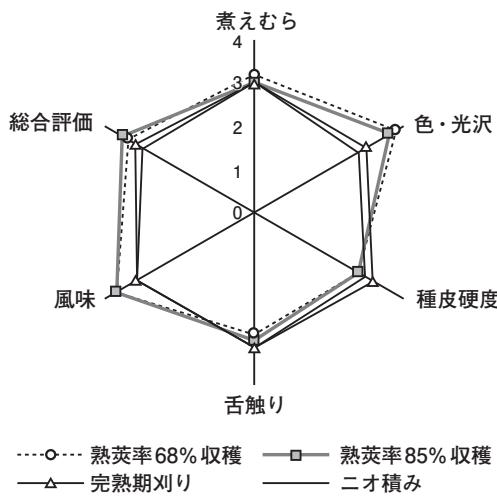


図3 加工業者による製あん評価
(H16. 中央農試)
※ H16、追分町産「しゅまり」調製後良品

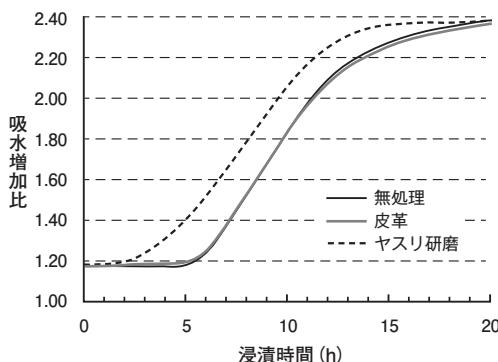


図4 ヤスリ研磨した小豆の吸水性
(「エリモショウズ」、H19. 中央農試)

磨することにより、汚れ除去と同時に小豆の吸水性が向上する。ヤスリ研磨により小豆表面には微細な傷が形成され、種瘤部のみならず種子表面から吸水するため、吸水のための浸漬時間が短縮する(図4)。ヤスリ研磨した小豆の煮熟特性や貯蔵性、あんの食味官能評価が慣行の皮革研磨した小豆と比較して劣ることは無く、実需評価でもヤスリ研磨した小豆は煮えムラが小さ

く、皮が軟らかく、炊きやすいとの評価が得られた。ヤスリ研磨した小豆が農産物検査で格下げ要因となることは無かった。吸水性や皮切れの発生等を考慮すると研磨紙の種類はJIS規格の100番程度、処理回数は3回程度が望ましい。また、煮熟後の皮切れが増加するため、加工用途に応じて使用することが望ましい。

金時豆

(1) 豆用コンバイン収穫

金時豆の機械収穫におけるピックアップスレッシャの利用は全体の51%、コンバインは13%である(H22: 北海道農政部調べ)。収穫時には、こぎ胴の減速ブーリー、脱穀・選別部のコンケープ、グレンシーブや搬送系のカバー類などの交換が必要である。各メーカーからオプションキットが用意されている。

金時豆の豆用コンバイン利用方法を表2に示す。収穫適期の目安は、小豆同様に「熟莢率」で判断する。機械収穫適期は熟莢率ほぼ100% (完熟期) 以降である。金時豆は粒が大きいことから最も損傷を受けやすい豆類であり、特に収穫時に発生する皮切れ粒(写真4)は調製施設における選別除去が困難であり、製品に混入した場合は煮くずれの原因となることから、損傷粒の発生に留意する必要がある。損傷粒は子実水分が高い(収穫時期が早い)場合には潰れ粒などが、また子実水分が低い(収穫時期が遅い)場合には、皮切れ粒、破碎粒などが発生し、さらに、これらの損傷粒はこ

表2 豆用コンバインの利用方法（金時豆）

	項目	望ましい条件およびその対策
作物条件	収穫適期の目安	熟莢率ほぼ100%、子実水分18～26%（完熟期から6日以内）
	培土高さ	15cm程度
作業条件	仕様	金時仕様（こぎ胴周速度5.0～5.6m/s）
	刈り高さ	0cm
	作業速度	0.8m/s程度。倒伏程度多以上の場合、追い刈りで作業速度を低くする。
	作業能率	0.20～0.24ha/h
作業条件	その他	子実水分20%以上の場合、静置式平形乾燥機による常温通風乾燥などにより、水分調整する。

(H16、17十勝農試)



写真4 脱穀時に発生する皮切れ粒（福勝）

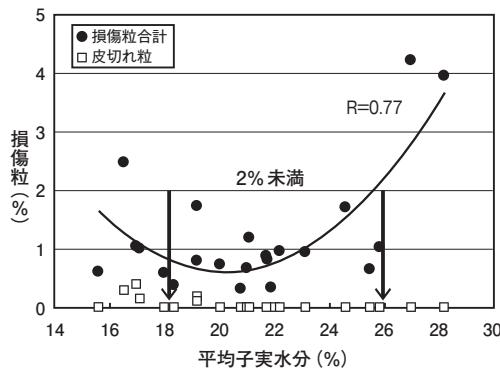


図6 金時豆の子実水分と損傷粒
(豆用コンバイン、H17. 十勝農試)

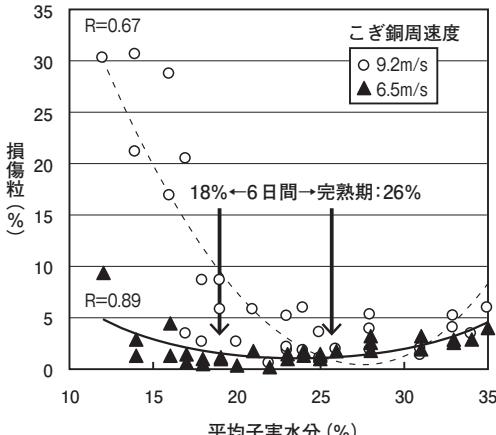


図5 金時豆の子実水分と損傷粒
(定置式脱穀機、H12. 十勝農試)

ぎ胴周速度が高い場合に多く発生する（図5）。その他の被害粒の発生割合を考慮して、収穫適期は子実水分が18～26%、すなわち完熟期（熟莢率ほぼ100%）から6日以内が適する。

小豆同様に刈り高さが高いほど刈り取り損失が増加するので、刈り高さの設定やディバイダ先端を十分に調整して収穫作業を行う。金時豆用のオプションキットには、こぎ胴周速度の減速ブーリーが含まれるので必ず交換して収穫する。ブーリー交換により脱穀部のこぎ胴周速度は標準から70%以下に減速され、子実水分18～26%

表3 金時豆の乾燥法（機械収穫後）

乾燥法	農協等の受入水分に調製する場合、
	①常温通風乾燥（静置式）または自然乾燥とする。加温乾燥は行わない。
	②乾燥ムラを緩和するため、堆積高さを50cm以下として乾燥開始から6時間後に攪拌するか、25cm未満の堆積高さで乾燥する。
皮切れ防止	自然乾燥の場合は、夾雜物を除去して堆積高さ10cm程度に広げ（約30m ² /ha）、1日1回程度の攪拌を行う。
皮切れ防止	乾燥前の子実水分と外気温度・湿度から得られる相対湿度の下限値より高い条件で乾燥する

(H12、21十勝農試)

程度であれば損傷粒は2%程度、皮切れ粒は0~0.5%に減少する（図6）。脱穀選別損失は処理量が多くなるに従って増加するが、収穫損失はほぼ3%未満、損傷粒は3%未満で収穫が可能であり、損失と損傷の合計は2~5%程度である。

（2）機械収穫後の乾燥

ピックアップスレッシャや豆用コンバインで収穫した菜豆を農協等の受け入れ水分に調製する場合、静置式乾燥機による常温通風乾燥などが必要である。

表3に金時豆の乾燥法を示す。粒の大きな豆類の乾燥では、しわ粒、皮切れ粒ならびに乾燥ムラが生じないよう風量比や堆積高さなどに留意が必要である。堆積高さは、乾燥途中の自重によるへこみ粒の発生を避けるためにも50cm以下として乾燥開始から6時間後に攪拌するか、攪拌しない場合は25cm未満で乾燥する。また、加工原料の子実水分が低いと煮豆加工時の皮切れ率が高まるので、過乾燥を避けることが重要である。

乾燥時の皮切れ粒の発生要因として、乾燥速度が挙げられる。乾燥速度（%/h）とは時間当たりの水分低下量を示す。乾燥を

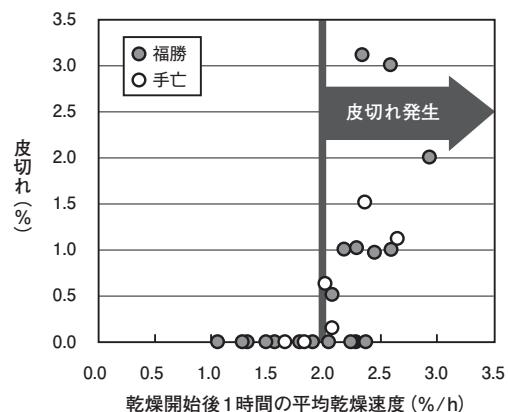


図7 乾燥開始後1時間の乾燥速度と皮切れ粒の発生条件（H21.十勝農試）

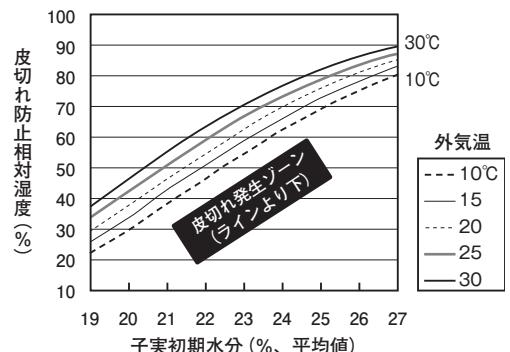


図8 常温通風乾燥における皮切れ防止相対湿度の下限値（H21.十勝農試）

開始すると子実表面付近の水分は外気湿度と等しい水分（平衡水分）まで低下する。表皮付近の水分が平衡水分に達するまでに

要する時間は約1時間であるが、子実内部の水分はゆっくりと表面に移動するため、表面付近の水分が急激に低下すると表皮が急激に収縮して、ひずみが生じて皮切れ粒となる。温度と湿度を制御できる恒温恒湿器を利用した実験より、開始後1時間の平均乾燥速度が2.0%を超える場合に皮切れ粒が発生し、乾燥速度が大きくなるとともに発生量が増加する結果が得られた(図7)。

乾燥速度は子実水分、温度、湿度と関係が深く、関係式がある。乾燥開始後1時

間の平均乾燥速度が2.0%未満となる乾燥前の子実水分と乾燥初期の温度と相対湿度の関係を求めて、皮切れ粒の発生を防止できる相対湿度の下限条件を示した(図8)。例えば、乾燥開始時の初期水分が23%、外気温が15°Cの場合では、外気湿度が60%以上であれば皮切れ粒は発生しないが、外気湿度が60%未満では皮切れ発生の危険性が高いことを示している。なお、皮切れ粒の発生を防止する湿度の下限値はエクセルなどの表計算ソフトを利用して算出することができる。